

[19]中华人民共和国专利局

[51] Int. Cl⁶

H01L 27 / 14

H01L 27 / 146 H01L 21 / 82



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98101260.4

[43]公开日 1998年10月21日

[11] 公开号 CN 1196580A

[22]申请日 98.4.9

[30]优先权

[32]97.4.9 [33]JP[31]090579 / 97

[71]申请人 日本电气株式会社

地址 日本东京

[72]發明人 小川智宏

[74]专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

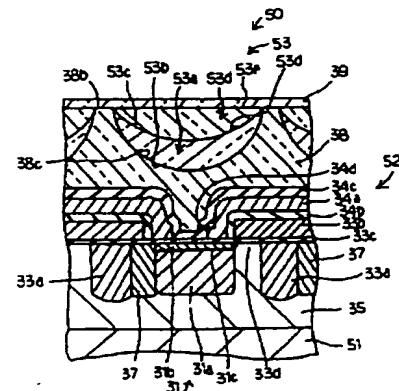
代理人 穆德駒

权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图页数 9 页

[54]发明名称 改进的固态图像传感元件,其制造方法和含其的传感器件

[57]摘要

一种固态图像传感元件具有一个埋置在透明夹层绝缘层(38)中的小透镜，透明夹层绝缘层在一个半导体衬底(36)中形成的一个光电二极管(31)之上，小透镜占据比光电二极管占据的区域宽的一个区域，以便在不损失生产成本的情况下使固态图像传感元件灵敏。



98·04·09

权 利 要 求 书

1. 一种在衬底(36; 51; 61; 71)上制造的固态图像传感元件(30; 50; 60; 70), 包括:

一个占据所述衬底的第一区并将入射光转换成光载流子的光电转换元件(31);

覆盖所述光电转换元件、由第一种透明材料形成并具有第一凹穴(38a, 38c, 38d; 74a)的第一透明层(38; 74), 和

设置在所述第一凹穴中, 并由折射率比所述第一透明材料大的第二透明材料构成以便作为透镜的第二透明层;

其特征在于:

容纳在所述第一凹穴(38a; 38c; 38d; 74a)中的所述第二透明层占据比所述第一区宽的第二区。

15 2. 根据权利要求 1 所述的固态图像传感元件, 其中所述第二透明层(32; 53d; 73a)的上表面(32a)与所述第一透明层的上表面(38b)一起形成平坦表面。

20 3. 根据权利要求 2 所述的固态图像传感元件, 进一步包括覆盖所述平坦表面并由比所述第二透明材料硬的第三透明材料形成的第三透明层(39)。

4. 根据权利要求 1 所述的固态图像传感元件, 其中所述第一凹穴(38a; 38d)具有大致的半球式结构。

25 5. 根据权利要求 1 所述的固态图像传感元件, 其中所述第一凹穴(53c; 74a)具有大致的椭圆式结构。

30 6. 根据权利要求 1 所述的固态图像传感元件, 进一步包括与所述第二透明层(53d)一起容纳在所述第一凹穴中作为焦距调节剂的第三透明层(53a)。

7. 根据权利要求 1 所述的固态图像传感元件, 进一步包括形成在所述光电转换元件上并占据围绕所述第一区的第三区的光屏蔽层(34a)。

98-014-09

8. 根据权利要求 7 所述的固态图像传感元件，其中所述第二透明层的上表面与所述第一透明层的上表面一起形成平坦表面。

5 9. 根据权利要求 8 所述的固态图像传感元件，进一步包括覆盖所述平坦表面并由比所述第二透明材料硬的第三透明材料形成的第三透明层(39)。

10 10. 根据权利要求 1 所述的固态图像传感元件，其中所述第二透明层(63a)具有限定第二凹穴的弧形上表面(63c)。

11. 一种制造固态图像传感元件的方法，包括步骤：
15 a) 制备衬底(36； 51； 61； 71)；
b) 在所述衬底的第一区中形成光电转换元件(31)；
c) 用由第一透明材料形成的第一透明层(38； 74)覆盖所述光电转换元件；
d) 在所述第一区的中心子区上具有开口(40a)的所述第一透明层上形成掩膜层(40； 75)；
e) 各向同性地蚀刻所述第一透明层以形成第一凹穴(38a； 74a)；和
f) 用折射率比所述第一透明材料大的第二透明材料填充所述第一凹穴以形成一层第二透明层(32； 53d； 63a； 73a)作为透镜。
20

25 12. 根据权利要求 11 所述的方法，其中所述步骤 f) 包括子步骤：
f-1) 在所述第一透明层上涂敷所述第二透明材料的溶液，
f-2) 固化所述溶液层以便收缩成所述第二透明层。

13. 根据权利要求 11 所述的方法，进一步包括步骤 g)：平面化所述步骤 f) 得到的结构，以便生成平坦上表面。

30 14. 根据权利要求 13 所述的方法，进一步包括步骤 h)：用由比所述第二透明材料硬的第三透明材料形成的保护层(39)覆盖所述平坦上表面。

35 15. 根据权利要求 11 所述的方法，其中所述第二透明材料是石英玻璃。

16. 根据权利要求 11 所述的方法，在所述步骤 b) 和所述步骤 c) 之

间进一步包括形成占据围绕所述第一区的第三区的光屏蔽层(34a)的步骤。

5 17. 根据权利要求 11 所述的方法, 其中所述第一透明层的蚀刻速度从上表面向下表面降低。

10 18. 根据权利要求 17 所述的方法, 其中通过改变杂质浓度改变所述蚀刻速度。

15 19. 根据权利要求 18 所述的方法, 其中通过离子注入改变所述杂质的浓度。

20 20. 根据权利要求 18 所述的方法, 其中通过所述第二透明材料的材料气体的化学汽相沉积形成所述第一透明层, 和通过控制与所述材料气体混合的所述杂质的附加气体改变所述杂质的浓度。

25 21. 一种固态图像传感器件, 包括
衬底(90),
在所述衬底上制造的固态图像传感元件阵列, 并包括:
分别占据所述衬底的第一区并将入射光转换成光载流子的多个光电转换元件(31); 覆盖所述多个光电转换元件, 由第一透明材料形成并具有在所述多个光电转换元件之一上分别占据比所述第一区宽的第二区的第一凹穴的第一透明层(38, 74), 和
分别设置在所述第一凹穴中并由折射率比所述第一透明材料大的第二透明材料形成的以便分别作为透镜的多个第二透明层(32; 53d; 63a; 73a;), 和
容纳所述衬底并使透明部分以内表面与所述固态图像传感元件阵列保持接触的封壳(91; 95)。

30 22. 根据权利要求书 21 所述的固态图像传感器件, 其中所述封壳(95)包括具有所述透明部分密封部分(95c)和设置在所述固态图像传感元件阵列上的所述密封部分上的透镜(95d)。

35 23. 根据权利要求书 22 所述的固态图像传感器件, 其中所述密封部分(95c)与所述透镜(95d)构成整体。

98-014-09

24. 根据权利要求书 22 所述的固态图像传感器件，其中所述密封部分的上表面被光屏蔽层（95b）覆盖，但不包括所述透镜包含于其中的接触区。

96·04·09

说 明 书

改进的固态图像传感元件, 其制造方法和含其的传感器件

5 本发明涉及一种固态图像传感器件, 特别是一种固态图像传感元
件, 其制造方法和装配有该固态图像传感元件的固态图像传感器件。

10 15 CCD(电荷耦合器件)型的图像传感器件是固态图像传感器件的一个典型实例, 并在下文描述。然而, 下面的描述可适用于诸如 MOS(金属氧化物半导体)型固态图像传感器件之类的另一种固态图像传感器件。

图 1 说明了第一种现有技术的固态图像传感器件。在 n 型硅衬底 2 的表面部分中形成 p 型阱 1, n 型掺杂区 3 嵌套在 p 型阱 1 中。重掺杂 p 型掺杂区 4 形成在 n 型掺杂区 3 之上, 重掺杂 p 型掺杂区 4 和 n 型掺杂区 3 形成 p-n 结作为一个光电二极管。
15

在 p 型阱 1 中还形成 n 型电荷转移区 5, 并与光电二极管, 即 n 型掺杂区 3 和重掺杂 p 型掺杂区 4 隔开。虽然图 1 中未示出, 光电二极管沿 n 型电荷转移区 5 排列, 光电二极管和 n 型电荷转移区 5 共同形成一个图像传感线路。以图像传感线路这样的方式形成重掺杂 p 型掺杂区 6, 并使光电二极管和 n 型电荷转移区域与相邻图像传感线路电绝缘。因此, 大量光电二极管排列在 p 型阱 1 中。然而, 描述仅集中在光电二极管和 n 型电荷转移区域中的一个。
20 25 30

读出晶体管 7 与该光电二极管和 n 型电荷转移区 5 相关。具体地说, 光电二极管和 n 型电荷转移区 5 之间的 p 型阱 1 的表面部分提供一个沟道区 7a, 沟道区 7a 被栅极氧化层 7b 覆盖。电荷转移电极 7c 形成在栅极氧化层 7b 上, 并覆盖氧化硅层 8。光电屏蔽层 9 沉积在氧化硅层 8 上, 并在光电二极管上的光电屏蔽层 9 中形成开口 9a。为此, 携带图像的光通过开口 9a 入射到光电二极管上, 阻挡光到 n 型电荷转移区 5。
35

用透明绝缘层覆盖 10 光电屏蔽层 9, 用透明材料填充开口 9a。一层厚光阻材料层 11 叠合在透明绝缘层 10 上, 并提供一个平坦的上表面 11a。在平坦上表面上形成一个单片透镜 11a, 并位于光电二极管之上以便将携带图像的光聚焦在光电二极管上。厚光阻材料层 11 是由光阻材
35

料溶液通过烘干构成的。单片(on-chip)透镜12也是由一片光阻材料构成的。通过金属印刷技术把光阻材料层图形化成光阻材料片，并在摄氏150度至200度对光阻材料片进行热固化。然后，将光阻材料片成型为如图所示的半球形结构。

5

在日本专利申请公开未审查的请求(JAP)No. 2-65171中公开了第二种现有技术的固态图像传感器件，图2说明了第二种现有技术的固态图像传感器件。在n型硅衬底2的一表面部分中形成一个p型阱21，一个n型掺杂区23嵌套在p型阱21中。在n型掺杂区23上形成一个重掺杂p型掺杂区24，该重掺杂p型掺杂区24和n型掺杂区23形成一个p-n结作为一个光电二极管。

10

15

在p型阱21中还形成一个n型电荷转移区25，并与光电二极管隔开。光电二极管和n型电荷转移区25与其它光电二极管一起构成一个图像传感线路。以围绕图像传感线路的方式形成重掺杂p型掺杂区26，并使光电二极管和n型电荷转移区25与相邻图像传感线路电绝缘。

20

25

30

一个读出晶体管27与该光电二极管和n型电荷转移区25相关，并由一个沟道区27a、一个在沟道区27a上的栅极氧化层27b和在栅极氧化层27b上形成的一个电荷转移电极27c构成。电荷转移电极27c被一层氧化硅层28覆盖，光电屏蔽层29覆盖在氧化硅层28上。在光电二极管上的光电屏蔽层29中形成一个开口29a，并允许携带图像的光通过开口29a入射到光电二极管上，光电屏蔽层29防止入射光到n型电荷转移区25。光电屏蔽层29被一层透明绝缘层30按分布形状覆盖，透明绝缘层30形成一个深凹穴30a。深凹穴30a位于光电二极管之上。深凹穴30a被部分地填充石英玻璃，石英玻璃片31形成一弧形上表面32。弧形上表面32形成一个嵌套在深凹穴30a中的浅凹穴。用氮化硅填充浅凹穴，氮化硅具有比石英玻璃大的折射率。为此，氮化硅部分33作为一个透镜。如图所示将透镜33的上表面平面化。

35

单片透镜12占据光电二极管3/4和n型电荷转移区5上的宽区，并会聚落在其上的入射光。为此，光电二极管3/4对入射光的变化敏感。然而，第一种现有技术的固态图像传感器件遇到价格高这样一个问题。如前所述，单片透镜12是通过烘干固化的光阻材料形成，因此，单片透镜较脆。在第一种现有技术固态图像传感器件的制造期间，较脆的单片透镜易破碎，并降低生产率。这使得第一种现有技术固态图像传感器

件的价格较高。

高价的另一个原因是灰尘的严重影响。单片透镜 12 从光阻材料层 11 的平坦上表面 11a 凸出，并在其间形成凹槽。如果灰尘颗粒落入凹槽，很难从凹槽清除灰尘颗粒，并使产品不合格。为此，第一种现有技术的固态图像传感器件需要极高的清洁度，这种极高的清洁环境增加了第一种现有技术的固态图像传感器件的生产成本。

高价格的另一个原因是复杂的封装结构。单片透镜 12 具有外露的曲面。如果外露的曲面与具有大折射率的透明层保持接触，单片透镜 12 则失去会聚功能。为此，单片透镜 12 需要露在空气中，或由极低折射率的材料层覆盖。制造商考虑到这种需求，并设计第一种现有技术固态图像传感器件的封壳。该封壳较复杂，并增加生产成本。

第二种现有技术固态图像传感器件因透镜 33 的曲面被放置在石英玻璃片 31 内而降低了费用。然而，第二种现有技术固态图像传感器件具有低灵敏度。低灵敏度是由小透镜 33 产生的。浅凹穴限定透镜 33，浅凹穴被限定在深凹穴 30a 中。深凹穴 30a 由在围绕开口 29a 的光屏蔽层 29 上按分布形状扩展的透明绝缘层限定，仅把光电二极管 23/24 露出在开口 29a。n 型电荷转移区 25 不露出给开口 25。为此，透镜 33 仅占据光电二极管 23/24 上的区域，并且不能会聚落在 n 型电荷转移区 25 上的入射光。因此，在第一种现有技术固态图像传感器件和第二种现有技术固态图像传感器件之间存在一种折衷选择。

因此，本发明的一个重要目的是提供一种生产成本低且灵敏度高的固态图像传感元件。

本发明的另一个重要目的是提供一种制造该固态图像传感元件的方法。

本发明的再一个重要目的是提供一种固态图像传感元件在其中作为主要部件的固态图像传感器件。

根据本发明的一个方面，提供一种在衬底上制造的固态图像传感元件，包括一个占据衬底的一个第一区并将入射光转换成光载流子的光电转换元件，覆盖光电转换元件、由第一种透明材料形成并具有占据比第

一区宽的第二区的第一凹穴的第一透明层，和设置在第一凹穴中并由折射率比第一透明材料大的第二透明材料构成的作为透镜的第二透明层。

5 根据本发明的另一个方面，提供一种制造固态图像传感元件的方法，包括步骤：制备一个衬底；在衬底的第一区中形成一个光电转换元件；用由第一透明材料形成的第一透明层覆盖光电转换元件，在第一区的中心子区上的具有开口的第一透明层上形成一个掩膜层，各向同性地蚀刻第一透明层以形成一个第一凹穴，并用折射率比第一透明材料大的10 第二透明材料填充第一凹穴以形成作为透镜的一个第二透明层。

15 根据本发明的再一个方面，提供一种固态图像传感器件，包括一个衬底，一个制造在衬底上的固态图像传感元件阵列，并包括分别占据该衬底的一个第一区并将入射光转换成光载流子的多个光电转换元件；一个覆盖多个光电转换元件，由第一透明材料形成并具有在多个光电转换元件之一上分别占据比第一区宽的第二区的第一凹穴的第一透明层，和分别设置在第一凹穴中并由折射率比第一透明材料大的第二透明材料形成的以便分别作为透镜的多个第二透明层，以及容纳该衬底并使透明部分以内表面与固态图像传感元件阵列保持接触的封壳。

20 结合附图从下面的描述中将更清楚地理解固态图像传感元件、制造方法和固态图像传感器件的特性和优点。

25 图 1 示出第一种现有技术的固态图像传感器件的截面图；
 图 2 示出第二种现有技术的固态图像传感器件的截面图；
 图 3 示出根据本发明在一个半导体衬底上制造的一个固态图像传感元件的平面图；
 图 4 是沿图 3 的 A-A 线的截面图并示出固态图像传感元件的结构；
 图 5A 至 5C 是根据本发明制造固态图像传感元件方法的主要步骤的
 30 截面图；
 图 6 示出根据本发明另一个固态图像传感元件结构的截面图；
 图 7 示出根据本发明再一个固态图像传感元件结构的截面图；
 图 8 示出根据本发明再一个固态图像传感元件结构的截面图；
 图 9 示出在一光阻材料层下形成的一个半椭圆形凹穴的截面图；
 图 10 是蚀刻速度与从一层透明层和光阻材料层之间边界起的深度
 35 之间关系的曲线图；

图 11 是蚀刻速度与从另一层透明层和光阻材料层之间边界起的深度之间关系的曲线图；

图 12 示出在透明层中形成的半球形凹穴的截面图；

图 13 示出根据本发明的固态图像传感器件分布的平面图；

5 图 14 是沿图 13 的 B-B 线的截面图并示出固态图像传感器件的结构；

图 15 是根据本发明另一种固态图像传感器件分布的平面图；

图 16 是沿图 15 的 C-C 线的截面图并示出固态图像传感器件的结构。

10 参考附图的图 3 和 4，体现本发明的固态图像传感元件 30 主要包括一个光电二极管 31 和一个埋置式小透镜 32。固态图像传感元件 30 与其它固态图像传感元件、移位寄存器 33 和一个光屏蔽结构 34 一起构成一个固态图像传感器件。其它固态图像传感元件在结构上与固态图像传感元件 30 相同，并形成多个图像传感线路。每个图像传感线路包括 15 多个固态图像传感元件。移位寄存器 33 分别与图像传感线路相关，图 3 说明了包含在图像传感线路和相关移位寄存器 33 之一中的固态图像传感元件 30。下面将详细描述固态图像传感元件 30 和移位寄存器 34。

20 在 n 型硅衬底 36 的一个表面部分形成一个 p 型阱 35，图像传感线路和相关移位寄存器 33 形成在 p 型阱 35 中。重掺杂 p 型掺杂区 37 使图像传感线路和相关移位寄存器 33 与相邻图像传感线路/移位寄存器隔离开。

25 一个 n 型掺杂区 31a 和一个重掺杂 p 型区 31b 形成一个 p-n 结 31c 作为光电二极管，并将入射光转换成光载流子。光载流子的数量与入射光强度成正比。光载流子累积在 n 型掺杂区 31a 中。

30 移位寄存器 33 包括一个形成在 p 型阱 35 中的 n 型电荷转移区 33a 和在覆盖 p 型阱 35 的薄绝缘层 33c 上图形化的电荷转移电极 33b。n 型电荷转移区 33a 沿图像传感线路扩展，并由一个沟道区 33d 与 n 型掺杂区 31a 隔开。预定的电荷转移电极 33b 从 n 型电荷转移区 33a 上的区域伸出到沟道区 33d 上的区域，如图 4 所示，并且预定电荷转移电极 33b 与一条读出信号线(未示出)电连接。当一个读出脉冲施加到预定电荷转移电极 33b 时，在 n 型掺杂区 31a 和 n 型电荷转移区 33a 之间形成一个 35 导电通道，从光电二极管向移位寄存器 33 读出光载流子。

光屏蔽结构 34 包括一个夹在氧化硅层 34b 和透明绝缘层 34c 之间的非透明光屏蔽层 34a。光屏蔽层有一个开口 34b，重掺杂 p 型区 31b 上的一部分薄绝缘层 33c 露出到开口 34d。透明绝缘层 34c 在光屏蔽层 34a 上按分布形状扩展，用透明绝缘层 34c 覆盖薄绝缘层 33c 的区域。5 光电二极管 31、移位寄存器 33 和光屏蔽结构 34 与已描述的现有技术中的相同。

光屏蔽结构 34 被一厚透明层 38 覆盖，在厚透明层 38 的表面部分 10 中形成一个大致的半球形凹穴 38a。大致的半球形凹穴 38a 占据光电二极管 31、沟道区 33d 和一部分 n 型电荷转移区 33a 上方的一个区域，如在图 3 中看到的。大致的半球形凹穴 38a 之间的上表面 38b 是平坦的。埋置式小透镜 32 成形为与大致的半球形凹穴 38a 对应的大致的半球形 15 结构，并整洁地容纳在大致的半球形凹穴 38a 中。因此，埋置式小透镜 32 比开口 34d 宽得多。埋置式小透镜 32 是由折射率比形成厚透明层 38 的透明材料大的透明材料形成的。

埋置式小透镜 32 有一个平坦的上表面 32a，该平坦上表面 32a 与厚透明层 38 的上表面 38b 基本上共平面。用氮化硅透明保护层 39 覆盖 20 上表面 32a 和 38b。

正如从上面的描述所理解的，埋置式小透镜 32 使落在沟道区 33d 和 n 型电荷转移区 33a 该部分上的入射光射向光电二极管 31，并且确实改善了灵敏度。埋置式小透镜 32 提供与厚透明层 38 的上表面 38b 共平面的平坦上表面 32a，并且在埋置式小透镜 32 和厚透明层 38 之间不形成任何凹槽。为此，易于清除灰尘颗粒，并且不会严重损伤固态图像 25 传感器件。这表明该固态图像传感元件对环境不太敏感。透明保护层防止埋置式小透镜受到所不希望的外力，并使埋置式小透镜不易破碎。因此，这种固态图像传感元件使制造商降低了固态图像传感器件的生产成本。30

通过图 5A 至 5C 说明的方法制造固态图像传感元件 30。该方法从制备 n 型硅衬底 36 开始。在 n 型硅衬底的主要表面上涂敷光阻材料溶液，并烘干以形成一层光阻材料层（未示出）。图形图像从光掩膜（未示出）转移到光阻材料层，并在光阻材料层中形成一潜像。对该潜像显影以便将光阻材料层图形化到光阻材料离子注入掩膜（未示出）中。于是，通过平 35

版印刷技术从光阻材料层形成光阻材料离子注入掩膜。

n 型硅衬底 36 的预定表面区暴露于光阻材料离子注入掩膜的一个开口，并将 p 型掺杂杂质离子注入到 n 型硅衬底 36 的暴露表面部分。5 离子注入的 p 型掺杂杂质形成 p 型阱。剥离光阻材料离子注入掩膜。

采用平版印刷技术将光阻材料离子注入掩膜(未示出)形成在 n 型硅衬底 36 上，p 型阱 35 的一个表面部分暴露于光阻材料离子注入掩膜的一个开口。该表面部分被分配给重掺杂 p 型掺杂区 37。将 p 型掺杂杂质离子注入到露出的表面部分，并形成电绝缘的重掺杂 p 型掺杂区 37。10

同样，采用平版印刷技术和离子注入形成 n 型掺杂区 31a、n 型电荷转移区 33a 和重掺杂 p 型掺杂区 31b。n 型掺杂区 31a 和 n 型电荷转移区 33a 之间的表面部分提供一条用于读出光载流子的沟道区 33d。图 15 5A 示出在该阶段得到的半导体的结构。

接下来，将薄绝缘层 33c 形成在所得到的半导体结构的上表面上。薄绝缘层 33c 是由一层单一的氧化硅薄膜或氧化硅薄膜与一层氮化硅薄膜的混合形成的。在薄绝缘层 33c 的整个表面上沉积掺杂有磷的多晶硅，并采用平版印刷技术在掺杂有磷的多晶硅层上形成一层光阻材料蚀刻掩膜(未示出)。有选择地蚀刻掉掺杂有磷的多晶硅层，并形成预定的电荷转移电极 33b。对预定的电荷转移电极 33b 进行热氧化，并用氧化硅覆盖。将掺杂后的多晶硅沉积在所得到的半导体结构的整个表面上，并采用平版印刷技术在掺杂的多晶硅层上形成一层光阻材料蚀刻掩膜(未示出)。有选择地蚀刻掉掺杂后的多晶硅层，并形成其它电荷转移电极(未示出)。20 25

在其它电荷转移电极上生长氧化硅，并与在预定电荷转移电极 33b 上热生长的氧化硅一起形成氧化硅层 34b。在所得到的半导体结构上沉积 200 毫微米至 500 毫微米厚的非透明材料，并采用平版印刷技术在非透明材料层上形成一层光阻材料蚀刻掩膜(未示出)。非透明材料层可以是铝层、钨层或其混合层。使用该光阻材料蚀刻掩膜，有选择地蚀刻掉非透明材料层，并制成光屏蔽层 34a。从光电二极管 31 上方薄绝缘层 33c 的预定区除去非透明材料层，并由此使光屏蔽层 34a 在光电二极管 31 上方有开口 34d。接下来，在所得到的半导体结构的整个表面上沉积透明绝缘材料，并形成如图 5B 所示的透明绝缘层 34c。此后的过程直到 30 35

如图 5B 所示的半导体结构为止与用于制造现有技术固态图像传感器件的现有技术的过程相同。

接下来，在所得到的半导体结构的整个表面上沉积 2 微米至 5 微米的氧化硅，并形成一层氧化硅层。由该氧化硅层形成厚透明层 38。考虑埋置式小透镜 32 的焦距确定氧化硅层的厚度。可向氧化硅引入磷或硼。磷或硼防止厚透明层 38 受力，并且不易在厚透明层 38 中发生破裂。另外，可将热膨胀系数不同的多层透明层分层，以使厚透明层 38 缓和内部应力。此外，可对氧化硅层进行化学机械抛光以增加上层 38b 的平滑度。

在厚透明层 38 上设置一层光阻材料蚀刻掩膜 40，并在光电二极管 31 上方有一个开口 40a。使用该光阻材料蚀刻掩膜 40，各向同性地蚀刻厚透明层 38。蚀刻剂可以是稀氢氟酸。通过各向同性蚀刻在厚透明层 38 中形成如图 5C 所示的大致的半球形凹穴 38a。刚好在从厚透明层 38 分离光阻材料蚀刻掩膜 40 前能够继续各向同性的蚀刻。在实际过程中，制造商考虑到埋置式小透镜 32 的光学特性，并优化蚀刻时间。可在光阻材料蚀刻掩膜和厚透明层 38 之间形成诸如氮化硅层之类的适当掩膜层。这种情况下，光阻材料蚀刻掩膜 40 用于图形化掩膜层，通过使用掩膜层各向同性的蚀刻形成大致的半球形凹穴 38a。

接下来，在厚透明层 38 上沉积透明材料。透明材料填充大致的半球形凹穴 38a，并膨胀到一层透明层。化学机械地抛光透明层直到露出上表面 38b，埋置式小透镜 32 留在大致的半球形凹穴 38a 中。埋置式小透镜 32 的透明材料的折射率比形成厚透明层 38 的材料的折射率大。这种情况下，由氧化硅形成厚透明层 38，并在厚透明层 38 上沉积氮化硅。氧化硅的折射率为 1.6 级，氮化硅具有 2.0 的折射率。

大致的半球形凹穴 38a 的曲率半径和厚透明层 38 与埋置式小透镜 32 之间的折射率比确定焦距。制造商适当地选择厚透明层 38 的透明材料、埋置式小透镜 32 的透明材料、蚀刻时间和厚透明层 38 的厚度，以便优化埋置式小透镜 32 的焦距。

最后，在厚透明层 38 和埋置式小透镜 32 上形成保护层 39。保护层 39 应坚硬。这种情况下，由氮化硅形成保护层 39。然后，在 n 型硅衬底 36 上制造图 3 和 4 所示的固态图像传感元件。

第二实施例

参考附图的图 6，在一个 n 型硅衬底 51 上与一个移位寄存器 52 一起制造体现本发明的另一个固态图像传感元件 50。移位寄存器 52 与第一实施例中的相同，固态图像传感元件 50 与固态图像传感元件 30 仅有的区别在于埋置式小透镜 53 的结构。为此，移位寄存器 52 的组成元件和固态图像传感元件 50 的其它组成元件被标以与移位寄存器 33 的对应元件和固态图像传感元件 30 的对应元件相同的参考符号，为简化起见，说明集中在埋置式小透镜 53 的结构。

10

厚透明层 38 有一个部分地填充石英玻璃的大致的半球形凹穴 38c，石英玻璃有时表示为旋涂玻璃“SOG(Spin-On-Glass)”，该石英玻璃形成第一透明层 53a。第一透明层有一个下曲面 53b 和一个上曲面 53c，下曲面 53b 与上曲面 53c 沿第一透明层 53a 的周边汇合。因此，第一透明层 53a 在其中心最厚，该厚度从中心向周边递减。下表面 53b 具有与大致的半球形凹穴 38c 相等的曲率半径，上表面 53c 具有比下表面 53b 大的曲率半径。虽然第一透明层 53a 因石英玻璃的折射率近似等于氧化硅的折射率的事实而不参与光的会聚，第一透明层 53a 调节第二透明层 53d 的曲率半径作为一个凸透镜。

15

20

25

如上所述，第一透明层 53a 具有弧形上表面 53c，该上表面在大致的半球形凹穴 38c 中限定一个浅凹穴 53d。浅凹穴 53d 几乎是一个半椭圆形状。用诸如氮化硅之类折射率比石英玻璃大的透明材料填充浅凹穴 53d。氮化硅形成第二透明层 53d，第二透明层 53d 作为一个凸透镜。该凸透镜或第二透明层 53d 具有基本与厚透明层 38 的上表面 38b 共平面的一个平坦上表面 53e，焦距比埋置式小透镜 32 的焦距长。因此，可如下面将描述的那样改变上表面 53c 的曲率半径，制造商不仅可通过改变厚透明层 38 的厚度而且可通过改变第一透明层 53a 调节焦距。

30

35

第一透明层 53a 形成如下。首先，制备石英玻璃溶液。将该石英玻璃溶液敷在厚透明层 38 上，并填充大致的半球形凹穴 38c。烘干石英玻璃溶液。然后，收缩该石英玻璃层，并形成弧形上表面 53c。收缩比可与石英玻璃溶液的含水量一起改变。如果收缩比为 1:2，大致的半椭圆形凹穴短轴与长轴的比为=1:2，焦距增加两倍而不是大致的半球形透镜的焦距。第一透明层 53a 调节凸透镜的焦距，并作为一个焦距调节器。

在使用埋置式小透镜 53 时，设计者便于优化光电二极管 31 的光学特性。由于可独立地改变各种设计因素，即厚透明层 38 的透明材料与凸透镜 53d 的透明材料之间的折射率之比、限定大致的半球形凹穴 38c 的表面的曲率半径、透明层 38 的厚度、层 53a 的透明材料和凸透镜 53d 的透明材料之间的折射率比，凹穴 53c 的结构和每层透明层 38/53a/53d 的厚度影响固态图像传感元件 50 的光学特性，设计者独立地改变这些因素。

第三实施例

图 7 说明了体现本发明的另一种固态图像传感元件 60。在一个 n 型硅衬底 61 上与一个移位寄存器 62 一起制造固态图像传感元件 60。移位寄存器 62 与第一实施例中的相同，固态图像传感元件 60 与固态图像传感元件 30 仅有的区别在于埋置式小透镜 63 的结构。为此，移位寄存器 62 的组成元件和固态图像传感元件 60 的其它组成元件被标以与移位寄存器 33 的对应元件和固态图像传感元件 30 的对应元件相同的参考符号，为简化起见，描述集中在埋置式小透镜 63 的结构。

厚透明层 38 具有一个大致的半球形凹穴 38d，埋置式小透镜 63 设置在大致的半球形凹穴 38d 中。由透明层 63a 实现埋置式小透镜 63。透明层 63a 的下表面 63b 跟随限定大致的半球形凹穴 38c 的曲面，上表面 63c 也是曲面，以限定一个浅凹穴。上表面 63c 的曲率半径比下表面 63b 的大，透明层 63a 的厚度从圆周边缘向其中心增加。为此，透明层 63a 作为一个凸透镜。

制造固态图像传感元件 63 如下。直到形成大致的半球形凹穴 38d 的步骤为止，制造固态图像传感元件 63 的方法与第一实施例中的相同。作为例子，制备 TiO_2 和石英玻璃或 $SrTiO_3$ 和石英玻璃混合物的溶液，并涂敷在厚透明层的整个表面上。烘干该层溶液，以形成透明层 63a。当使用 TiO_2 和石英玻璃混合物时，透明层 63a 具有在 2.3 和 2.5 之间范围的折射率，大于形成厚透明层 38 的氧化硅的折射率。最后，用保护层 39 覆盖所得到的半导体结构，该保护层 39 在透明层 63a 上按分布形状扩展。

这种情况下，与第二实施例中使用的石英玻璃的类似，收缩比是可变的，可适当地调节焦距。混合物的溶液不形成平坦的上表面。然而，

透明层 63a 比烘干的光阻材料层硬，并且不易损坏。此外，保护层 39 防止凸透镜 63a 因灰尘颗粒而刮伤。为此，即使灰尘颗粒留在浅凹穴中，可易于从浅凹穴中清除灰尘颗粒。

5 固态图像传感元件 60 形成一个固态图像传感器件的一部分，该固态图像传感器件可密封在一个塑料封壳中。即使塑料封壳在保护层 39 上方不形成一个间隔，上表面 63c 以及保护层 39 因此而具有较大的曲率半径，并且塑料封壳不会大大改变焦平面。塑料封壳影响曲率半径。然而，该变化很小并且可预测。为此，制造商考虑到该变化以便确定埋
10 置式小透镜 63 的设计因素。

第四实施例
15 参考附图的图 8，在一个 n 型硅衬底 71 上与一个移位寄存器 72 一起制造另一种固态图像传感元件 70。移位寄存器 72 与第一实施例中的相同，固态图像传感元件 70 与固态图像传感元件 30 仅有的区别在于埋置式小透镜 73 的结构。为此，移位寄存器 72 的组成元件和固态图像传感元件 70 的其它组成元件被标以与移位寄存器 33 的对应元件和固态图像传感元件 30 的对应元件相同的参考符号，为简化起见，描述集中在埋置式小透镜 73 的结构。

20 在光电二极管 31 和移位寄存器 72 上形成厚透明层 74，并在光电二极管 31 上的厚透明层 74 中形成一个大致的半椭圆形凹穴 74a。透明层 73a 填充大致的半椭圆形凹穴 74a，并作为一个凸透镜。

25 制造固态图像传感元件 70 如下。直到形成透明绝缘层 34c 的步骤为止，制造固态图像传感元件 70 的方法与图 5A 至 5C 所示的方法相同。在所得到的半导体结构的整个表面上沉积未掺杂的氧化硅，并将磷离子注入到未掺杂的氧化硅层的一个表面部分。另外，将诸如 PH₃ 之类包含磷的附加气体与诸如 SiH₄ 之类材料气体混合，以向氧化硅层的上表面增加浓度的方式控制含磷附加气体的量。结果是，在透明绝缘层 34c 上形成厚的掺杂磷的氧化硅层 74b。
30

接下 35 来，在掺杂磷的氧化硅层 74b 的上表面上形成光阻材料蚀刻掩膜 75(见图 9)，并在光电二极管 31 上具有一个开口袋 5a。使用稀氢氟酸各向同性地蚀刻掉掺杂磷的氧化硅层 74b。蚀刻速度与磷的浓度成正比，并且蚀刻速度从掺杂磷的氧化硅层 74b 的上表面向其内部逐渐降

低，如图 10 所示。为此，各向同性蚀刻在侧面方向加宽前进，并且 R1 变得大于 R2。结果是，在掺杂磷的氧化硅层 74b 中形成大致的半椭圆形凹穴 74a。如果透明层有如图 11 所示恒定的掺杂浓度，蚀刻速度在透明层的厚度上是恒定的，并且该蚀刻剂在透明层 82 中形成一个半球形凹穴或一个大致的半球形凹穴 81，如图 12 所示。当改变掺杂轮廓时，大致的椭圆形凹穴改变形状。因此，制造商可通过控制离子注入条件或化学汽相沉积条件优化埋置式小透镜 73a 的光学特性。

接下来，在透明层 74 上形成透明材料。透明材料填充大致的椭圆形凹穴 74a，并对透明材料层进行平面化。可采用化学机械抛光。透明材料的折射率大于掺杂磷的氧化硅的折射率，凹穴 74a 中的透明材料片作为一个凸透镜。最后，形成保护层 39。

固态图像传感器件

固态图像传感元件 30、50、60 和 70 中的每一种可用作一个固态图像传感器件。将该固态图像传感器件向下插到一个半导体芯片 90 和一个塑料封壳 91 中，如图 13 所示。半导体芯片 90 分成一个中心区 90a 和一个外围区 90b。中心区 90 分配给固态图像传感元件的一个阵列和垂直移位寄存器，外围区 90b 分配给一个水平移位寄存器和一个放大器。固态图像传感元件 30/50/60/70 中的一种与同一类型的其它固态图像传感元件一起构成一个阵列部分，移位寄存器中的每一个移位寄存器与移位寄存器 33/52/62/72 相同。水平移位寄存器和放大器对本领域技术人员来说是熟知的，下面不再对其进一步描述。

塑料封壳 91 包括一个引线框 91a 和一片透明合成树脂 91b。引线框 91a 有一个用于安装半导体芯片 90 岛形区 91c、从该片合成树脂 91b 的两侧伸出的导电引线 91d 和连接在半导体芯片 90 和导电引线 91d 之间的导电线 91e。这种情况下，半导体芯片 90 直接由透明合成树脂 91b 覆盖。然而，可在半导体芯片 90 的上表面和该片透明合成树脂 91b 之间插入一层硅树脂层。即使在半导体芯片上设置滤色片，该滤色片可形成一个平坦的上表面，硅氧烷树脂层可插入在滤色片和该片透明合成树脂 91b 之间。

固态图像传感器件组装如下。首先，将半导体芯片 90 安装在岛形区 91c 上，导电线 91e 焊接在半导体芯片/岛形区 91b/91c 和导电引线 91d 上的垫片上。安装在引线框 91a 上的半导体芯片 90 放置在一个模塑

模具(未示出)中，并将熔化的透明合成树脂注入该模塑模具中。然后，把半导体芯片密封在该片透明合成树脂片 91b 中。最后，把导电引线 91d 与一个框架(未示出)分开，并如图 14 所示弯曲。

5 固态图像传感元件 30/50/70 上的保护层 39 产生平坦的上表面，该片透明合成树脂 91b 对与透明合成树脂的折射率无关的埋置式小透镜没有任何影响。然而，保护层 39 是弧形的。如果透明合成树脂 91b 与透明层 63a 的折射率不同，该片透明合成树脂 91b 影响埋置式小透镜 63 的光学特性。尽管如此，由于透明层 63a 具有较大的曲率半径，光学影响很小。此外，光学影响是可以预测的，制造商可在埋置式小透镜 63 10 的设计工作中考虑到光学影响。于是，将半导体芯片 90 封装在该片透明合成树脂中而在半导体芯片 90 上方没有空间，并以低价格向市场供应固态图像传感器件。

15 图 15 和 16 说明了体现本发明的另一种固态图像传感器件。该固态图像传感器件与图 13 和 14 中所示的类似。图 15 和 16 所示的固态图像传感器件被密封在不同种类的塑料封壳 95 中，用由一层光屏蔽层 95b 部分地覆盖的一片透明合成树脂 95a 代替该片透明合成树脂 91b。为此，其它部件被标以与对应的固态图像传感器件部件相同的参考符号。

20 该片透明合成树脂 91b 有一个密封部分 95c 和一个凸出部分 95d。安装在引线框 91a 上的半导体芯片 90 被密封在密封部分 95c 中，凸出部分 95d 形成在密封部分 95c 的上表面上。用光屏蔽层 95b 覆盖密封部分 95c，光入射到凸出部分 95d 上。这种情况下，光屏蔽层 95b 由黑色绝缘涂料制成。凸出部分 95d 作为一个固定焦距透镜。模制密封部分 95c 和凸出部分 95d，此后，用黑色绝缘涂料涂覆密封部分 95c。具有固定焦距透镜的固态图像传感器件适用于作为一种经济的照相机。

30 从上面的描述可以理解，根据本发明的固态图像传感元件不从透明层伸出透镜，并且不会机械损伤透镜。此外，即使固态图像传感元件被灰尘颗粒污染，制造商易于用风扇从固态图像传感元件清除灰尘颗粒。换句话说，固态图像传感元件不需要完善的防灰尘环境，并大幅度地降低了生产成本。埋置式小透镜占据光电二极管和移位寄存器上较宽的区域，并使固态图像传感元件灵敏。

35 保护层 39 完全防止固态图像传感元件受到外力和污染，并使固态

图像传感元件耐用。

根据本发明的固态图像传感器件在一个封壳和半导体芯片之间不需要任何空间，并且简单的包装降低了生产成本。

5

虽然已给出并描述了本发明的特定实施例，很明显本领域技术人员在不脱离本发明精神和范围的情况下可对本发明做出各种变化和改进。

10

在上述实施例中，埋置式小透镜 32 具有圆形截面。然而，可根据光电二极管的平面形状改变截面形状。例如，如果光电二极管为矩形并且光屏蔽层的开口为嵌套在光电二极管中的一个矩形，可以在矩形的长边方向延长埋置式小透镜，以便具有一个椭圆截面。然后，椭圆形埋置式小透镜有效地将入射光聚焦在光电二极管上。

15

可从固态图像传感器件中取消保护层 39。氧化硅和氮化硅比第二种现有技术的光阻材料硬，埋置式小透镜 32 和厚透明层 38 不易损坏。

20

就凝固期间其各向异性收缩而言，可用任何透明材料作为焦距调节器 53a 或凸透镜 63a。石英玻璃系中其它透明材料可作为一个例子。另一个例子是低熔点玻璃。

25

如果该固态图像传感元件装入一个全色图像传感器件中，在透明绝缘层 34c 和埋置式小透镜之间插入一个滤色片，或设置在埋置式小透镜上。

玻璃凸透镜可粘贴到密封部分 95c 而不是凸起部分 95d。

30

本发明可适用于 MOS 类型。

96·04·09

说 明 书 附 图

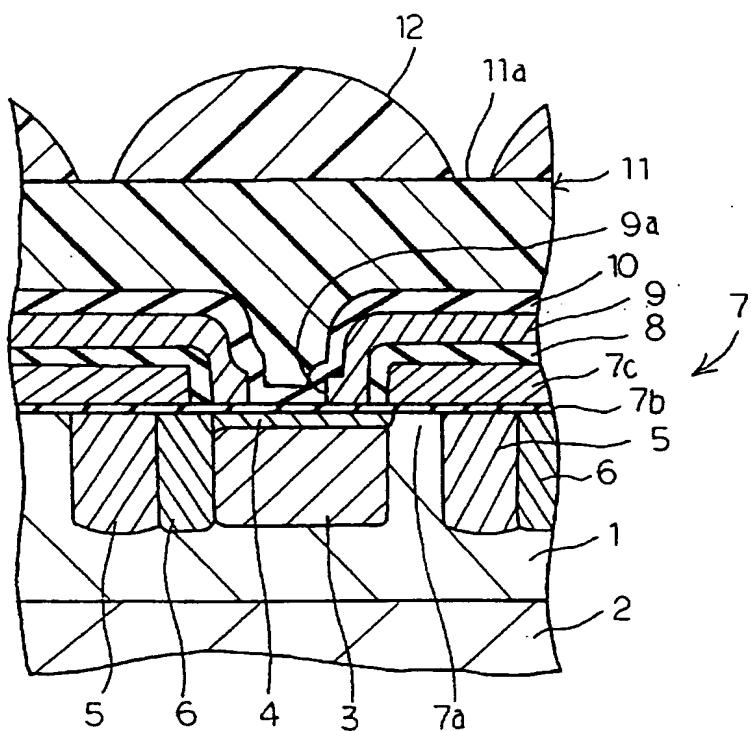


图 1
现有技术

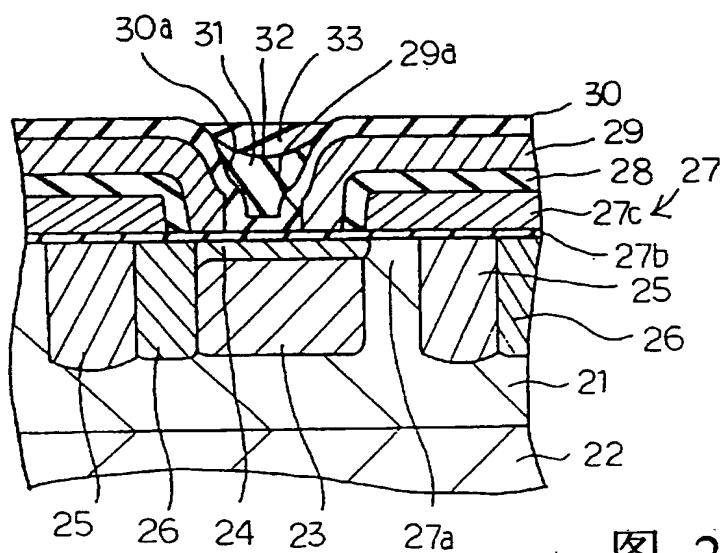


图 2
现有技术

96·04·09

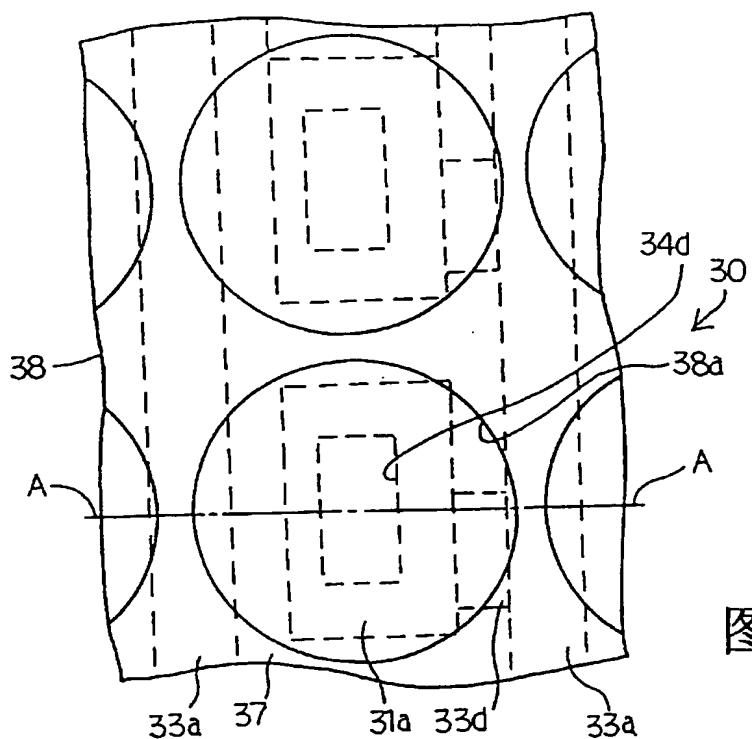


图 3

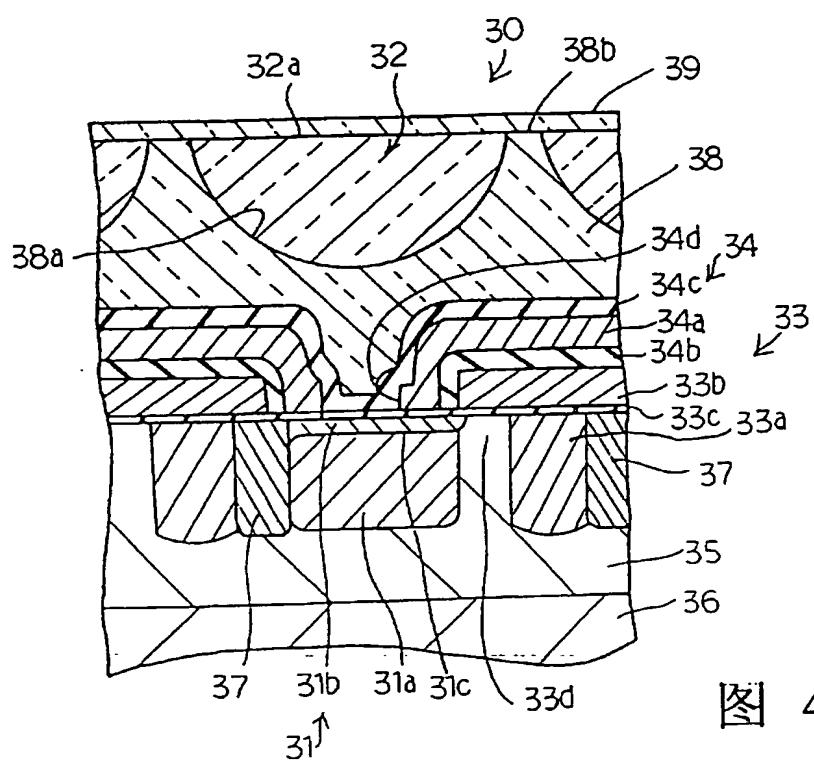


图 4

906·014·009

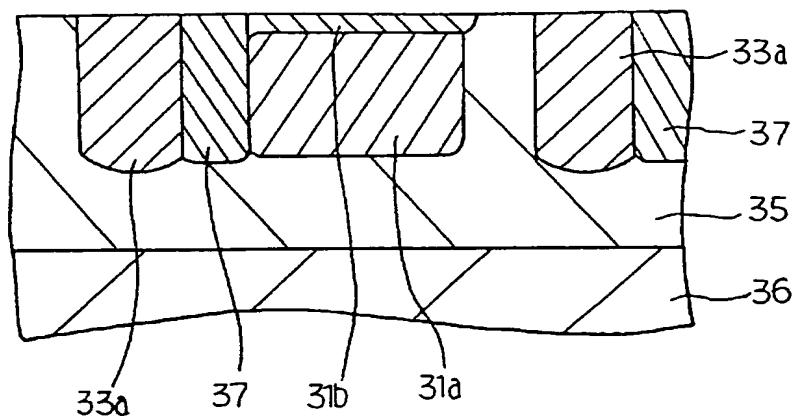


图 5A

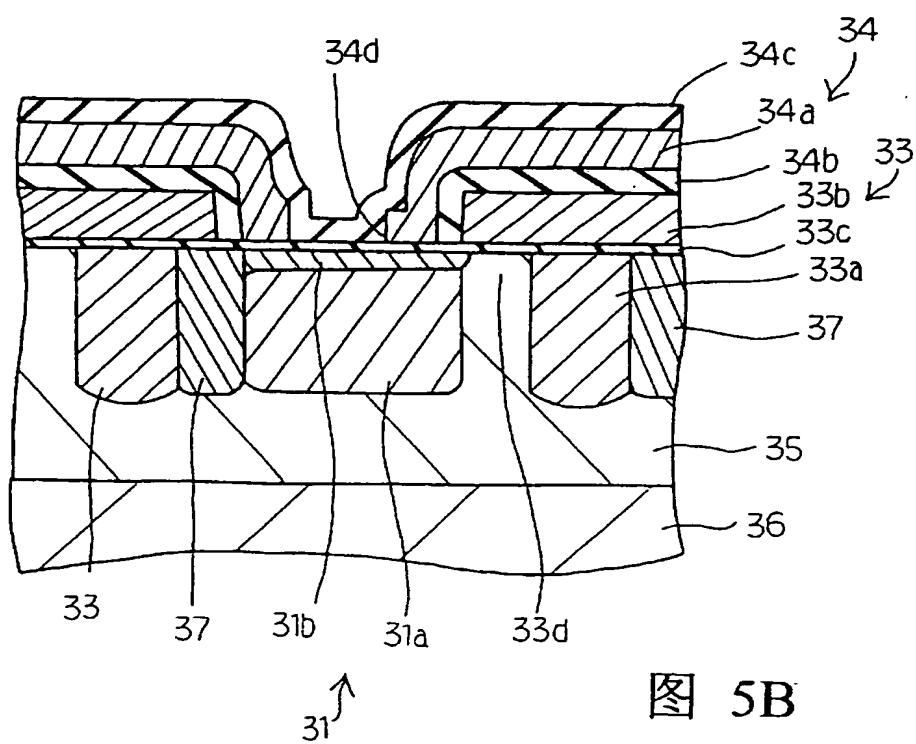
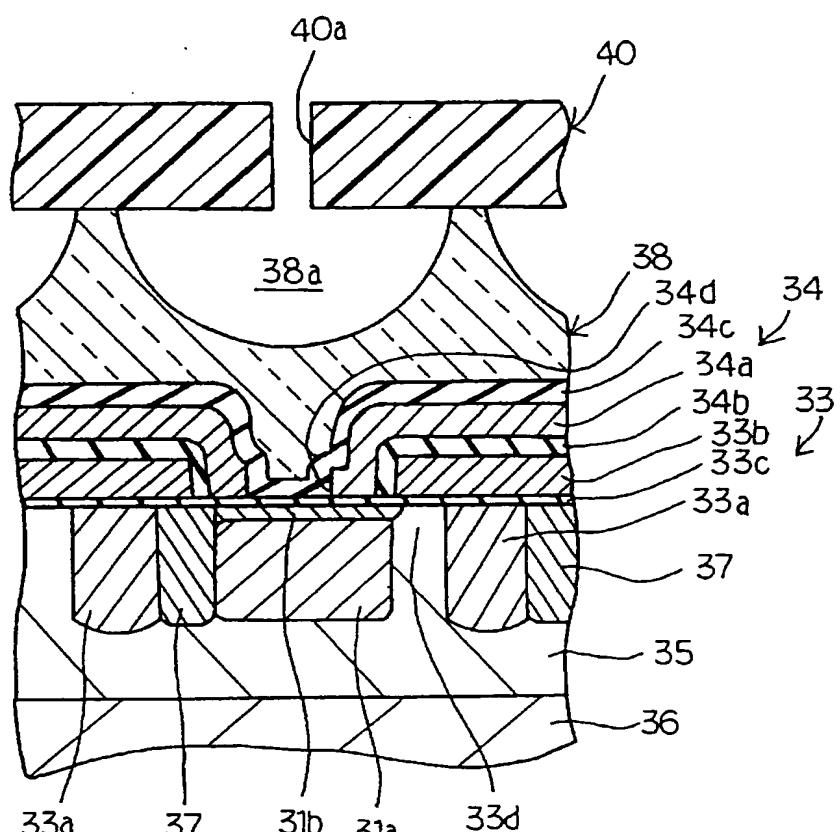


图 5B

96-014-019



↑
31

图 5C

96-004-019

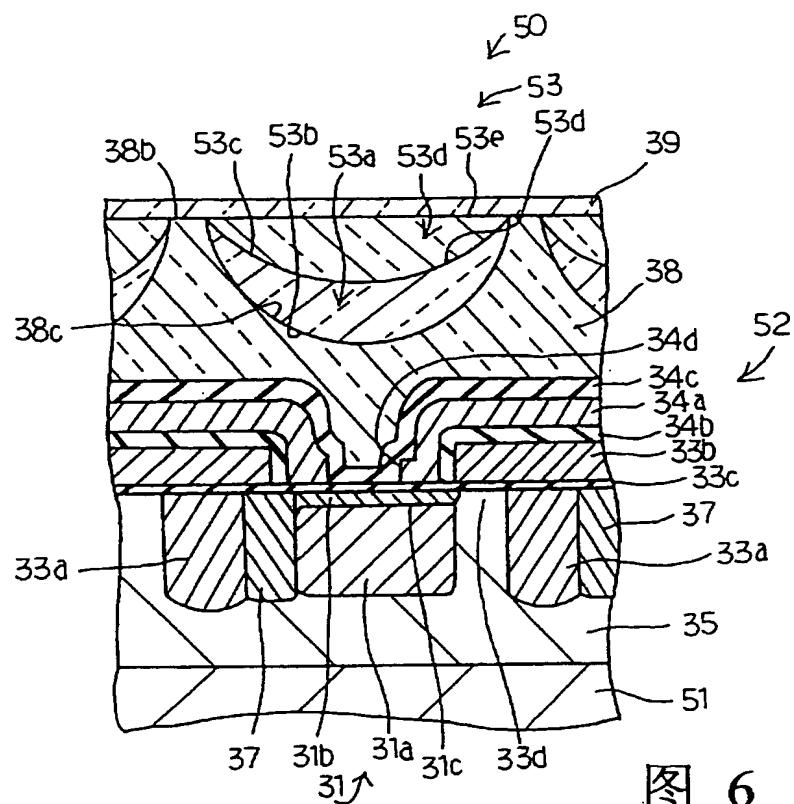


图 6

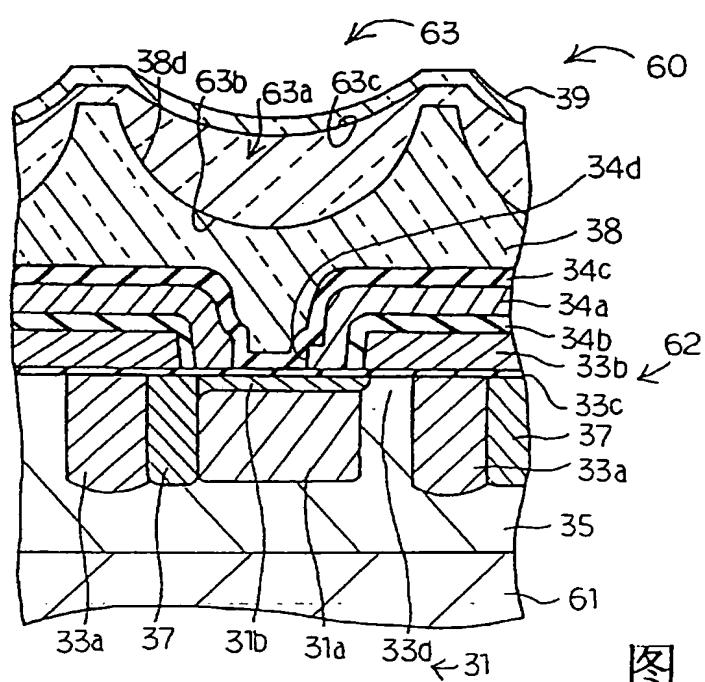


图 7

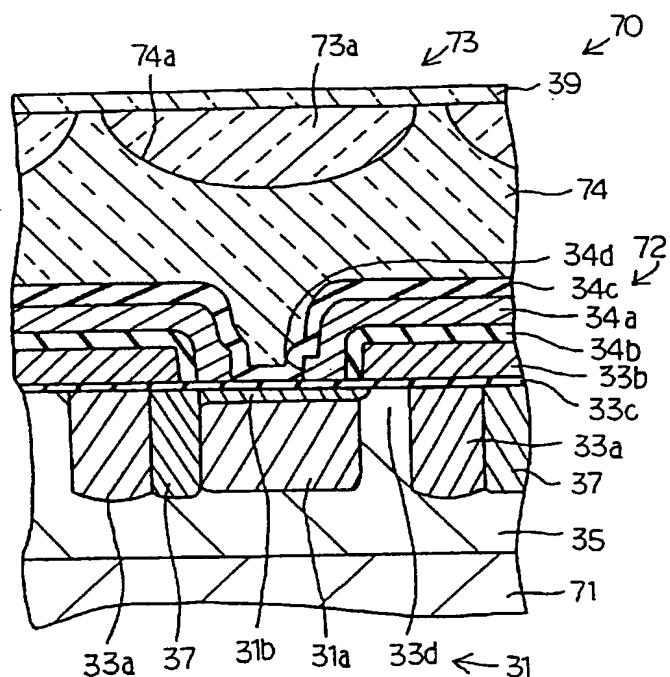


图 8

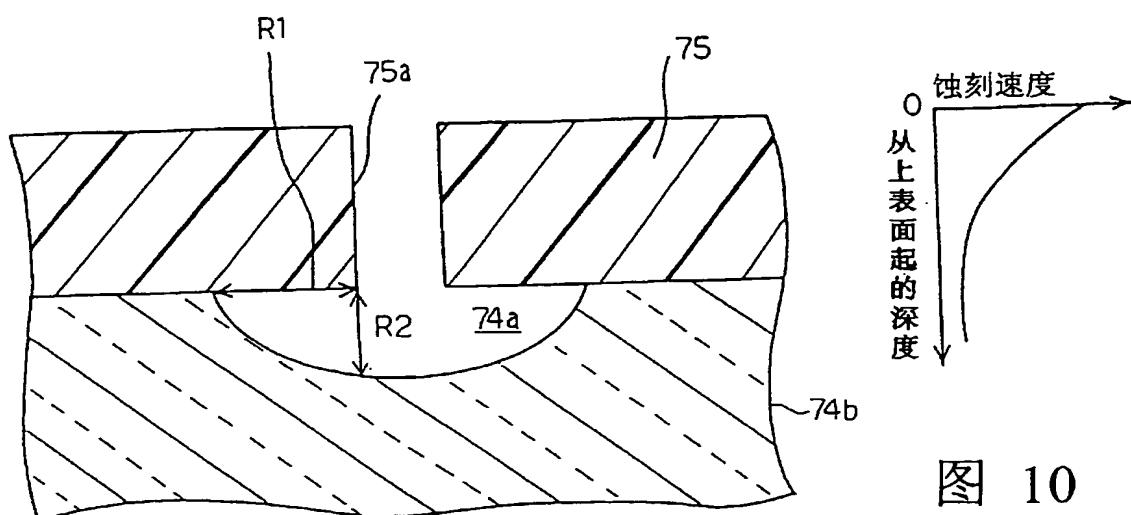


图 9

906-004-009

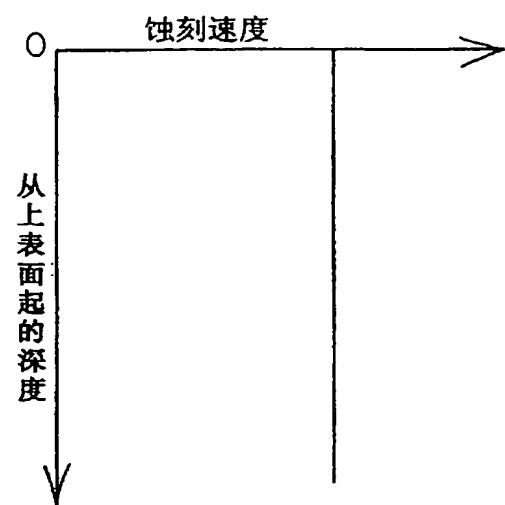


图 11

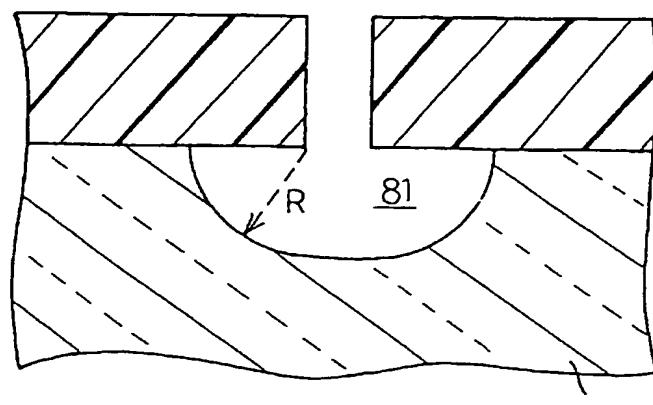


图 12

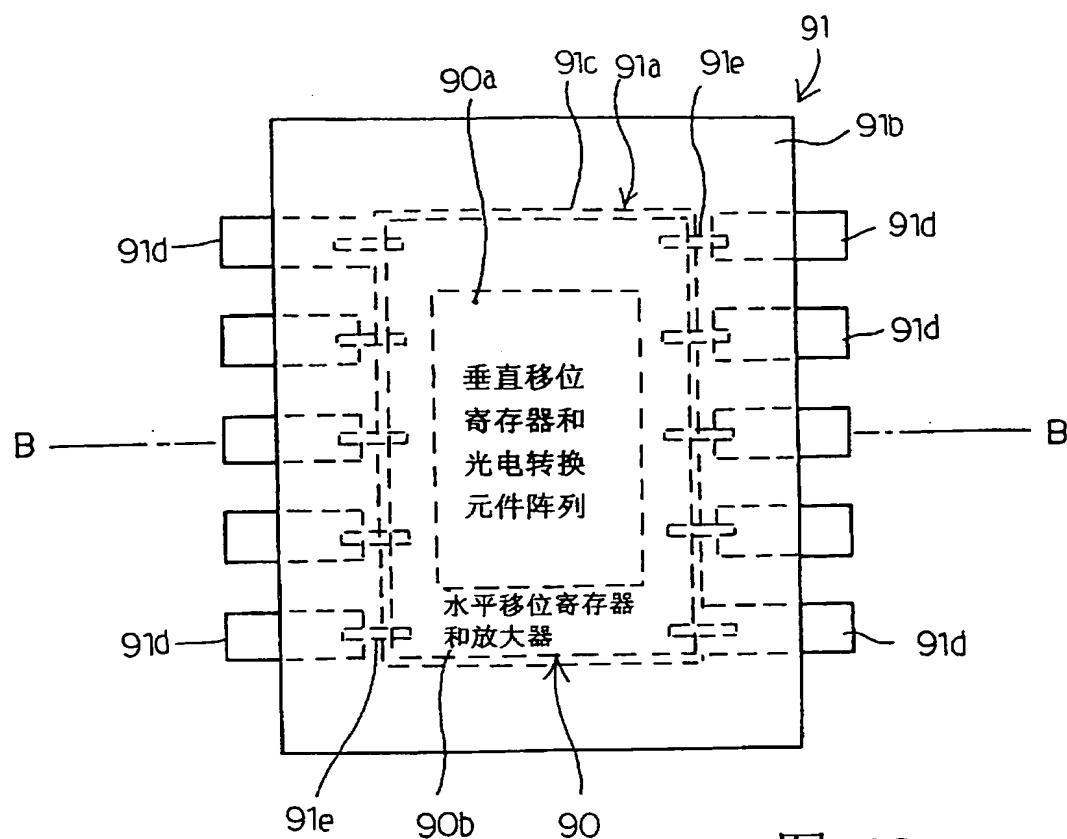


图 13

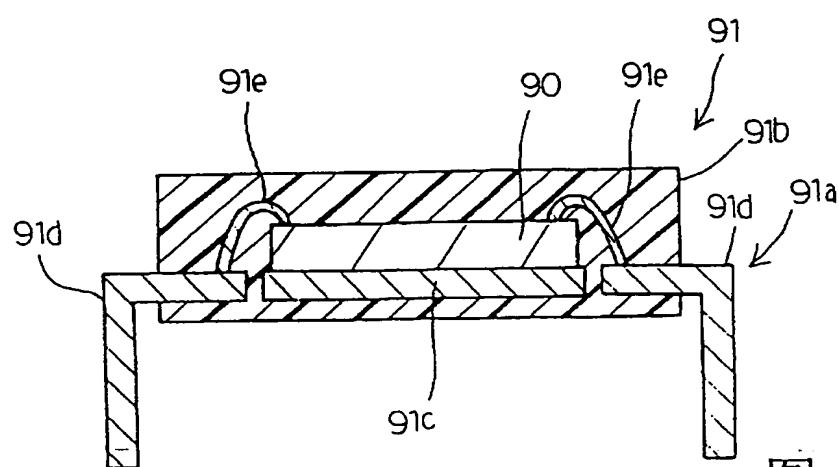


图 14

96-04-06

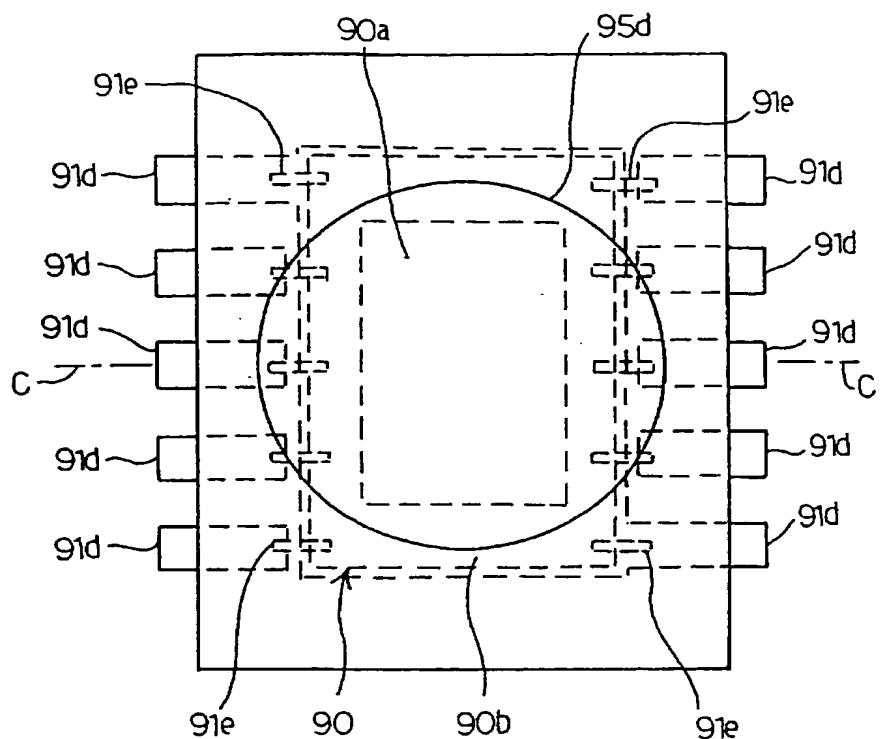


图 15

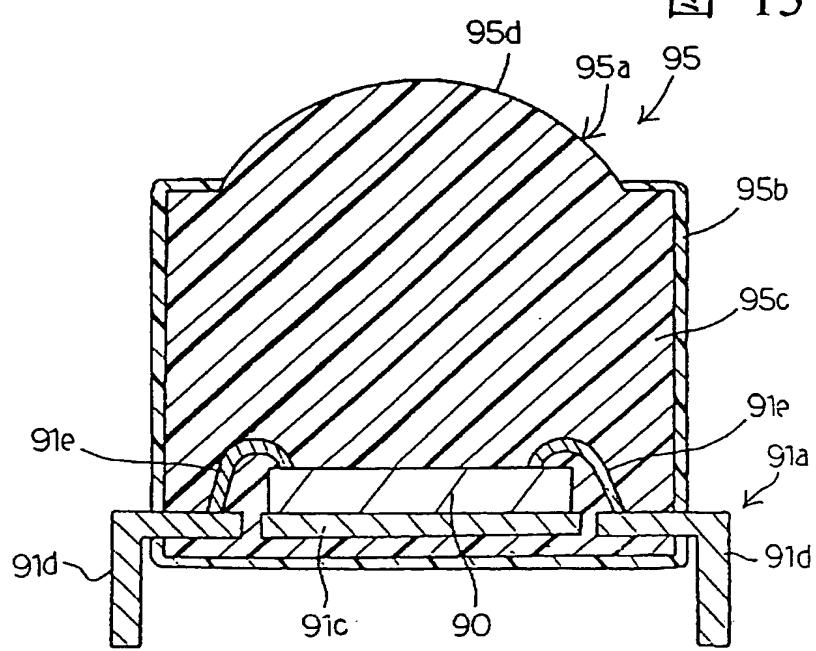


图 16